



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08333189 A**(43) Date of publication of application: **17 . 12 . 96**

(51) Int. Cl.

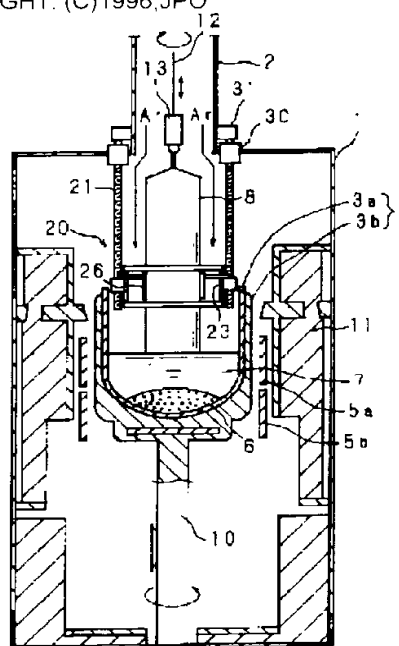
**C30B 15/00****C30B 29/06****// H01L 21/208**(21) Application number: **07137022**(71) Applicant: **SUMITOMO METAL IND LTD**(22) Date of filing: **02 . 06 . 95**(72) Inventor: **OKUI MASAHIKO**(54) **APPARATUS FOR PULLING UP CRYSTAL**

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To provide an apparatus for pulling up a crystal capable of controlling the occurrence of an oxidation-induced stacking fault(OSF) and a bulk microdefect(BMD) and producing the high-quality crystal.

**CONSTITUTION:** This apparatus for pulling up a crystal is obtained by hanging and supporting screw rods 21 in the upper wall of a main chamber 1, screwing supporting members 22 for a cooling device 20 thereof onto the screw rods 21, rotating the screw rods 21 with motors 31 installed on the upper tip end of the screw rods 21, thereby vertically moving the cooling device 20, supporting cooling plates 26 on the inner peripheral surface of a container 23 of the cooling device so as to enable the rotation by a constitution of a ball and socket coupling of supporting shafts fixed to one lateral side thereof and installing a refrigerant pipe on the surface on the side without contact with the single crystal 8 so as to feed and circulate the refrigerant through a flexible tube to the refrigerant pipe.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-333189

(43) 公開日 平成8年(1996)12月17日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 3 0 B 15/00			C 3 0 B 15/00	Z
29/06	5 0 2	7202-4 G	29/06	5 0 2 C
// H 0 1 L 21/208			H 0 1 L 21/208	P

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-137022

(22) 出願日 平成7年(1995)6月2日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 奥井 正彦

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

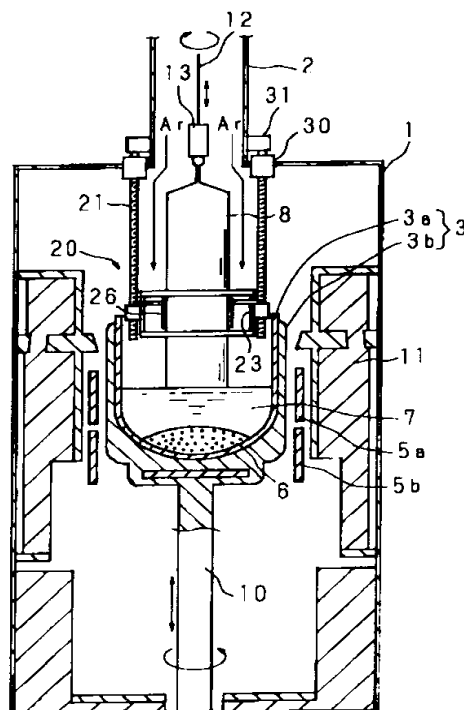
(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

#### (54) 【発明の名称】 結晶引き上げ装置

#### (57) 【要約】

【目的】 O S F及びBMDの発生を制御して高品質な単結晶を製造することが可能な結晶引き上げ装置を提供すること。

【構成】 メインチャンバ1の上壁に螺子棒21が垂下支持されており、螺子棒21に冷却装置20の冷却装置支持部材22が螺合されている。螺子棒21の上端に設けられたモータ31にて螺子棒21を回転させると冷却装置20が上下動する。冷却板26は、冷却装置容器23の内周面に、その一側辺に固定された支持軸の球継手の構成により回転可能に支持されている。冷却板26の、単結晶8に接触しない側の面には冷媒管が取り付けられており、冷媒管へはフレキシブルチューブを介して冷媒が供給され循環するようになっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 溶解された結晶用原料に種結晶を浸し、これを引き上げることによって結晶を成長させる結晶引き上げ装置において、引き上げ途中の結晶を周方向に囲むように設置された冷却装置を備えることを特徴とする結晶引き上げ装置。

【請求項2】 溶解された結晶用原料に種結晶を浸し、これを引き上げることによって結晶を成長させる結晶引き上げ装置において、引き上げ途中の結晶に冷却板を接触させて冷却する冷却装置を備えることを特徴とする結晶引き上げ装置。

【請求項3】 前記冷却板は上下動が可能であることを特徴とする請求項2記載の結晶引き上げ装置。

【請求項4】 前記冷却板は冷媒にて冷却するようになしてあることを特徴とする請求項2記載の結晶引き上げ装置。

【請求項5】 前記冷却装置は、筒形の冷却装置容器と、該冷却装置容器の内周面の周方向に、その一側辺に固定された支持軸にて回動自在に支持された複数の冷却板と、該冷却板の上部他側辺寄り部分を結晶側へ弾性的に押圧する押圧部材とを備え、前記冷却装置容器と前記冷却板の他側辺との間隔及び引き上げ軸に対する前記冷却板の上下方向の角度が可変となしてあることを特徴とする請求項2記載の結晶引き上げ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体材料として使用されるSi単結晶等の結晶を引き上げ成長させる結晶引き上げ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 結晶成長方法には種々の方法があるが、その1つにチョクラスキー法（CZ法）がある。図12は、CZ法に用いられる結晶引き上げ装置を示す模式的断面図である。図中3は、図示しないチャンバ内に配設された坩堝を示しており、坩堝3は有底円筒形状をなす石英製の内層容器3aとこの内層容器3aの外側に嵌合されたグラファイト製の外側容器3bとから構成されている。坩堝3は、図示しない昇降・回転機構に接続された支持軸10に連結されて支持されており、昇降および回転が可能となっている。坩堝3の外側には、坩堝3と同心円筒状であるヒータ5が配設され、さらにその外側に保温筒11が配設されている。またシードチャックにてその先端に種結晶13を脱着することが可能な引き上げ軸（ワイヤ）12が坩堝3の中央上方に臨ませてある。引き上げ軸12も図示しない昇降・回転機構に連結されており、昇降、及び支持軸10と同一軸心で支持軸10と同方向、逆方向の回転が可能となしてある。

【0003】 結晶成長を行う場合は、まず坩堝3に結晶用原料を充填し、坩堝3を所定方向へ所定回転数にて回転させながら結晶用原料をヒータ5にて熔融する。また

引き上げ軸12の先端に種結晶13を取り付け、種結晶13を熔融液7に一旦接触するまで降下させた後、坩堝3とは逆方向に回転させながら上方へ引き上げる。そうすると種結晶13の下端に接触している熔融液7が凝固して単結晶8を成長させることができる。ここでシリコン（Si）単結晶を成長させる場合は、結晶を無転位化するために、直径約3mmの絞り（neck）部を成長させた後に所定の直径まで結晶を成長させ、所定径を維持する。

【0004】 また半導体材料として使用されるシリコン単結晶を成長させる場合、所定の電気伝導型及び電気抵抗率を得るため、熔融液7中にドーピング不純物（ドーパント）を添加して成長させることが多い。このドーパントはPfannの式として知られている（1）式に従って単結晶8の引き上げ方向に偏析する。

$$C_s = k_e \cdot C_c (1 - f_s)^{k_e - 1} \quad \dots (1)$$

但し、 $k_e$ ：実効偏析係数

$C_s$ ：結晶中ドーパント濃度

$C_c$ ：結晶引き上げ開始時熔融液中ドーパント濃度

$f_s$ ：結晶引き上げ率（使用結晶原料重量に対する結晶重量の比）

このような偏析は実効偏析係数が1でないことに起因する。例えばドーパントの実効偏析係数が1より小さい場合、結晶中のドーパント濃度は熔融液7中のそれよりも低い。従って単結晶8の引き上げが進むにつれ熔融液7中のドーパント濃度は高くなり、これに従って引き上げられる単結晶8におけるドーパント濃度も軸方向に次第に高くなる。単結晶8中のドーパント濃度が高くなると電気抵抗率が小さくなり、1つの単結晶8において均一な電気抵抗率が得られない。

【0005】 ドーパントの偏析を抑制する方法として熔融層法がある。図13は従来の熔融層法に用いられる結晶引き上げ装置を示す模式的断面図である。熔融層法は、坩堝3内の結晶用原料を、ヒータ5によって上部のみ溶解して熔融層7を形成し下部は固体層6を形成する。そして単結晶8の引き上げに伴って変化するドーパント濃度を固体層6の溶解により一定に保つ。

【0006】 熔融層法において熔融層7のドーパント濃度を一定に保ちドーパントの偏析を防止する方法として熔融層厚一定法と熔融層厚変化法とがある。熔融層厚一定法には、成長途中にドーパントを添加する方法（特公昭34-8242号公報、特公昭62-880号公報、実公3-7405号公報）としない方法（特公昭62-880号公報、特開昭62-252989号公報）とがある。成長途中にドーパントを添加する方法は、ドーパントを含有しない固体層6を形成し、熔融層7中にドーパントを含有させ、単結晶8の引き上げに伴って固体層6を熔融して熔融層7の体積を一定に保ちながら、単結晶8中に取り込まれた量のドーパントを熔融層7に連続的に添加し、熔融層7中のドーパント濃度を一定に保つ。これによりドーパント濃度が均一な単結晶8を成長させることができる。

【0007】また熔融層厚一定法の、成長途中にドーパントを添加しない方法は、結晶用原料を全て溶解した時点でドーパントを添加し、ドーパントを含有する固体層6を形成する。そして単結晶8の引き上げに伴って固体層6を熔融し、熔融層7の体積を一定に保ちながら、成長途中にはドーパントを添加せずに、熔融層7中のドーパント濃度の変化を抑制する。

【0008】一方、熔融層厚変化法には、ドーパントを含有しない固体層6を使用する方法（特公平3-79320号公報）とドーパントを含有する固体層6を使用する方法（特開平6-80495号公報）とがある。前者は、ドーパントを含有しない固体層6を形成し、熔融層7にドーパントを添加する。そして単結晶8の引き上げ途中にはドーパントを添加せずに、固体層6を熔融して熔融層7の体積を変化させることによって熔融層7中のドーパント濃度を一定に保持する。また後者は、結晶用原料を溶解した時点でドーパントを添加しドーパントを含む固体層6を形成する。そして単結晶8の引き上げ途中にはドーパントを添加せずに、固体層6を熔融して熔融層7の体積を変化させることによって熔融層7中のドーパント濃度を一定に保持する。

【0009】これらの方法はいずれも、引き上げに伴って高くなる熔融層中のドーパント濃度を、引き上げ途中に固体層を熔融することにより低くして熔融層中の濃度を一定に保つものである。

【0010】また、熔融層法の1つとして、二層引き上げ法（DL CZ（Double Layered Czochralski）法）が知られている（干川圭吾編著「バルク結晶成長技術」アドバンスエレクトロニクスシリーズ1-4、培風館、1994、115-120頁）。DL CZ法は、結晶用原料を全て溶解した後、ヒータ5の出力制御によって熔融液の下部を凝固させて坩堝3の底部に固体層6を形成し、その上部に熔融層7を形成して、これらを共存させている。そして熔融層7に種結晶13を浸した後これを徐々に引き上げて単結晶8を成長させ、これと同時に熔融層7の減少を補うように固体層6を熔融する。結晶成長中には結晶の引き上げに伴い坩堝3内の結晶用原料が減少し、坩堝3内での熔融液表面のレベルが低下するので、結晶成長装置に対してこのレベルが一定に保たれるように、結晶の成長速度に応じた速度で坩堝3を上昇せしめる。結晶用原料を溶解しながら引き上げを行うと原料の隙間に熔融液が落ち込んで結晶に転位が生じることがあるが、DL CZ法は結晶用原料を一旦全て溶解しているので、転位はほとんど生じない。

【0011】さらに特開平3-26261号公報には、固体層の溶出量を制御するために2段のヒータを備える装置が開示されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】LSI材料として使用されるSi単結晶のほとんどはCZ法で引き上げられて

おり、このSi単結晶の品質には引き上げ途中の熱履歴が大きく影響することが知られている。ウエハの酸化熱処理時に生じる、例えば酸化誘起積層欠陥（OSF）と呼ばれる格子間型の転位ループは、中温域（800～1050℃）で成長した酸素析出物が核となって発生する。この中温域は酸素析出物の成長を促進させる温度範囲であるため、引き上げ時に中温域となる時間を短縮する、即ち引き上げ時の中温域にある領域を狭くして中温域の通過時間を短くすると、酸素析出物の成長を抑制してOSFの発生数を減少させることができる。従って中温域では強制的に急冷することが望まれる。

【0013】また引き上げ時の低温域ではBMD（Bulk Micro Defect）と呼ばれる小さな酸素析出物が高密度に生成され易く、この多数のBMDがウエハの熱処理時に成長して酸素析出量が目標値以上になることがある。従って低温域において適当な冷却時間で冷却し、BMDの発生密度を適正に制御する必要があるが、この制御は非常に困難である。これらOSF、BMDが所定レベル以上存在する単結晶は、ウエハ等の半導体材料として利用できず、歩留りを悪化させていた。

【0014】本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであり、結晶に冷却板を接触させて冷却する冷却装置を備えることにより、OSF及びBMDの発生を制御して高品質な結晶を製造することが可能な結晶引き上げ装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】第1発明に係る結晶引き上げ装置は、溶解された結晶用原料に種結晶を浸し、これを引き上げることによって結晶を成長させる結晶引き上げ装置において、引き上げ途中の結晶を周方向に囲むように設置された冷却装置を備えることを特徴とする。

【0016】第2発明に係る結晶引き上げ装置は、溶解された結晶用原料に種結晶を浸し、これを引き上げることによって結晶を成長させる結晶引き上げ装置において、引き上げ途中の結晶に冷却板を接触させて冷却する冷却装置を備えることを特徴とする。

【0017】第3発明に係る結晶引き上げ装置は、第2発明において、前記冷却板は上下動が可能であることを特徴とする。

【0018】第4発明に係る結晶引き上げ装置は、第2発明において、前記冷却板は冷媒にて冷却するようになしてあることを特徴とする。

【0019】第5発明に係る結晶引き上げ装置は、第2発明において、前記冷却装置は、筒形の冷却装置容器と、該冷却装置容器の内周面の周方向に、その一側辺に固定された支持軸にて回動自在に支持された複数の冷却板と、該冷却板の上部他側辺寄り部分を結晶側へ弾性的に押圧する押圧部材とを備え、前記冷却装置容器と前記冷却板の他側辺との間隔及び引き上げ軸に対する前記冷却板の上下方向の角度が可変となしてあることを特徴と

する。

#### 【0020】

【作用】第1発明にあつては、引き上げ途中の結晶を強制的に冷却することができる。

【0021】第2発明にあつては、引き上げ途中の結晶に直接冷却板を接触させて冷却するので、結晶を強制的に冷却することができる。

【0022】第3発明にあつては、第2発明の作用に加えて、冷却装置が上下動可能になしてあることにより、冷却温度を制御したい部分に位置合わせをすることができ、所望する温度領域にある結晶部分の冷却が自在に行える。また長さの異なる結晶にも適用することができる。

【0023】第4発明にあつては、第2発明の作用に加えて、冷媒の流量を変えることにより、冷却能を自由に設定することができる。

【0024】第5発明にあつては、冷却板の他側面と冷却装置容器との間隔及び結晶に対する角度が可変であるので、冷却板間への結晶の進入がスムーズに行え、また所定範囲内にある直径を有する結晶に適用が可能である。

#### 【0025】

【実施例】以下、本発明をその実施例を示す図面にに基づき具体的に説明する。図1は、本発明に係る結晶引き上げ装置（以下、本発明装置という）を示す模式的縦断面図である。図中1は円筒形状の真空容器であるメインチャンバであり、メインチャンバ1の上には同心小径のプルチャンバ2が連設されている。メインチャンバ1内中央には、有底円筒形状をなす石英製の内層容器3aとこの内層容器3aの外側に嵌合されたグラファイト製の外層容器3bとから構成された増埧3が配設されている。増埧3は、図示しない昇降・回転機構に接続された支持軸10に連結されて支持されており、昇降および回転が可能になっている。増埧3の外側には、増埧3と同心円筒状であるヒータ5a、5bが上下2段に配設され、さらにその外側には保温筒11が配設されている。またプルチャンバ2内中央には、支持軸10と同一軸心で支持軸10と同方向、逆方向の回転、及び昇降が可能な引き上げ軸（ワイヤ）12が垂設されている。引き上げ軸12の先端にはシードチャックが取り付けられており、その下側に単結晶8を成長せしめるための種結晶13を脱着するようになっている。

【0026】以上は従来と同様の構成であり、本発明装置はこの構成に加えて、単結晶8に対して上下動可能であり、単結晶8に接触してこれを冷却する冷却板26を有する冷却装置20を備える。メインチャンバ1の上壁の径方向に対向する2箇所に、図2に示す如く、鉛直方向に貫通されたベアリング軸受孔を有する螺子棒支持部材30が固定されており、各螺子棒支持部材30はベアリング軸受孔に貫挿された螺子棒21を回動自在に垂下支持して

いる。螺子棒21の上端にはプルチャンバ2の側壁に固定されたモータ31の回転軸が連結されており、正、逆両方向に回転可能になっている。

【0027】冷却装置20は、中央に単結晶8より大きい孔を有する円形の上板23a、下板23b及び円筒形の側板23cとからなる冷却装置容器23と、冷却装置容器23内に取り付けられた冷却板26と、冷却装置容器23の外周面の、径方向に対向する2箇所に設けられた冷却装置支持部材22とを備える。冷却装置支持部材22は、鉛直方向に貫通されており、螺子棒21と螺合する螺子孔を有し、各冷却装置支持部材22に設けられた螺子孔の間隔は2本の螺子棒21の間隔と等しい。冷却装置20は、各冷却装置支持部材22が螺子棒21に螺合されて支持されており、モータにて螺子棒21を時計回りに回転させると冷却装置20が上方へ移動し、反時計回りに回転させると冷却装置20が下方へ移動するようになしてある。

【0028】冷却装置20の構成及び動作について詳述する。図3は、時計回りに回転する単結晶8及び冷却装置20を、上板23aを除去した状態で示す上面図である。長方形の板状をなし、熱伝導性が良い金属（例えばモリブデン）からなる複数の（図3では8枚）冷却板26が、側板23cの内周面に支持軸26aを介して等間隔で回動自在に支持されている。以下、冷却板26の、支持軸26aが固定されている側を基部側、反対側を先端側という。また冷却板26は、バネ24が装着され側板23cに挿通された押圧軸25にて、その一面側を側板23cの内周面と対向せしめられている、即ち図3ではその先端が時計回りの方向に傾斜せしめられている。そしてバネ24の弾性力により側板23cの内周面に垂直となる方向、即ち単結晶8に近づく方向の押力を受けている。このような構成により冷却板26は、単結晶8の回転を妨げないように、全ての冷却板26の他面先端部において単結晶8に接している。

【0029】図4は、図3と同じく単結晶8及び冷却装置20を示すが、図3に示していない冷却機構を示すためのものであり、支持軸26a、押圧軸25及びバネ24は省略し、またその断面を示している。冷却機構は図3には図示されていない。冷却板26の前記一面には冷媒管27が取り付けられており、側板23cの内部には冷媒路29が設けられている。そしてこれら冷媒管27、冷媒路29間はフレキシブルチューブ27aにて連結されている。冷媒路29へは結晶引き上げ装置の外部からN<sub>2</sub>等の冷媒が供給され、冷媒路29、冷媒管27内を循環するようになっている。

【0030】図5は1枚の冷却板26を前記一面側から見た図であり、図6は先端側から見た図である。冷却板26の正面には、その上辺、下辺及び先端側の側面に沿うようなコの字状の冷媒管27が取り付けられている。支持軸26aは、冷却板26の側面中央に、冷却板26と同一面内で前記側辺に対し垂直に固定されている。支持軸26aの先端は球状となしてあり、側板23cに形成された球受溝

に抱持されている。この球継手の構成により冷却板26は、この抱持部を支点とした回転が自在である。

【0031】押圧軸25は、その一端が球状となしであり、他端側には止め金であるストッパ28を備える。冷却板26の上辺側、先端部寄りには球受溝が形成されており、バネ24が装着された押圧軸25の、球状をなす端部がこの球受溝にて回転自在に抱持されている。押圧軸25を挿通させるための側板23cの挿通孔は、図7に示す如く、外側がストッパ28の外径より大きくストッパ28が通過可能な通り部としてあり、内側はストッパ28の外径より小さく且つ押圧軸25より大きい止まり部となしである。これにより押圧軸25は冷却装置容器23の内側へ抜け出ないようにになっている。図6に示す如く、上述した球継手の構成により冷却板26は、バネ24の伸縮により、支持軸26aの抱持部を支点とした揺動及び回転が可能である。

【0032】図7、8は図3のVII-VII線における略示縦断面図であり、冷却板26と単結晶8との接触状態及びストッパ28の係合部を示すための図である。押圧軸25は冷却板26の上辺側に抱持されており、押圧軸25にバネ24\*20

坩堝（内層容器）  
メインヒータ  
サブヒータ  
冷却板  
冷媒管  
結晶用原料  
ドーパント（n型）  
雰囲気  
単結晶径  
単結晶長

【0035】まず坩堝3に結晶用原料を充填し、坩堝3を1rpmで反時計回りに回転させ、ヒータ5a、5bの出力を50kWとして結晶用原料を熔融する。その後ヒータ5aの出力を70kWとしヒータ5bの出力を0kWとして坩堝3の底部に固体層6を形成する。そして引き上げ軸12の先端に取り付けた種結晶13を、10rpmで時計回りに回転させながら、熔融層7に一旦接触するまで降下させた後上方へ引き上げる。最初は引き上げ速度を速く（3～3.5mm/min）熔融層7の温度を高く（ヒータ5aの出力：71.0kW）して単結晶8の直径を細く絞り（φ2～3mm、長さ20～30mm以上）、転位を結晶表面に追い出して無転位とする。その後引き上げ速度を低くし（1mm/min）、熔融層7の温度を低くして（ヒータ5aの出力：69.0kW）所定径まで太くする。このように単結晶8の引き上げがネック、ショルダー、ボディへ移行するに従いヒータパワーを調整し固体層6の溶出量を制御して、熔融層7の不純物濃度を一定に保ちながら、熔融原料を順次凝固させて単結晶8を成長させる。

【0036】ここで本発明装置は坩堝3の上方に冷却装置20を備えているので、引き上げ途中の単結晶8はその

\*が装着されていることにより、冷却板26は、単結晶8に接触するまでは支持軸26aを回転軸として上部が内側に回転している。そして単結晶8が引き上げられてくるとショルダーでは略点接触し（図7）、単結晶8がさらに引き上げられボディが冷却板26間に進入すると、図8に示す如く、冷却板26は単結晶8に沿って引き上げ軸と略平行になり単結晶8と線接触する。

【0033】冷却装置容器23と冷却板26との間には可撓のフレキシブルチューブ27aが使用されているので、冷却板26が回転してもその動作を妨げず冷媒を供給することができる。また冷却装置容器23内において、上板23a、下板23bにも適宜冷媒を流す構成とすることにより、冷却装置20の冷却能を調整することが可能である。なお冷却板26は、先端部と側板23cとの距離も可変であるので、製造する単結晶8の直径が異なっても冷却板26を単結晶8に接触させることができる。

【0034】結晶引き上げ装置の仕様の例は以下のとおりであり、熔融層法にて結晶成長を行う場合について説明する。

直径16インチ、高さ14インチ  
直径 550mm、高さ 150mm、発熱長90mm  
直径 550mm、高さ 150mm、発熱長90mm  
縦70mm ×横 110mm  
外径 9.5mm  
多結晶シリコン 65Kg  
リンとシリコンとの合金 0.6g  
Ar 10Torr  
154mm  
1000mm

周囲の複数箇所で冷却板26と接触し、強制的に冷却される。この冷却装置20は上下動が可能であるので、様々な温度領域の冷却速度を制御することができる。また冷却板26は冷媒を流すことによって冷却されるので、冷媒の流量によっても冷却能を変えることが可能である。冷却板26以外の冷却装置20を構成する各部品にも熱伝導性が良い材料を使用すると冷却能を高めることができる。

【0037】中温域（800～1050℃）及び低温域（500～800℃）の幅（長さ）を制御する方法について具体的に説明する。

《試作例1》本発明装置において中温域（800～1050℃）にある時間を短縮して実際に単結晶8を成長させた結果について述べる。本試作例では、熔融層7の液面から冷却板26下端までの距離を120mmとし、流量20リットル/minで液体窒素から発生する冷却窒素ガスを供給した。これにより単結晶8が中温域にある時間は略2.2hであり、長さは略130mmであった。本試作例の場合と、冷却装置を備えない従来装置にて成長させた場合とのOSFの発生個数を図9に示す。なお従来装置では、中温域にある時間は略3.5hであり、長さは略210mmであった。サンゾ

ル数は夫々10個である。従来装置にて成長させた単結晶に発生したOSFの個数は10~20個/cm<sup>2</sup>であったが、本発明装置では0~5個に減少している。従って本発明装置を使用すると、OSFの原因となる引き上げ時の酸素析出が抑制されているといえる。

【0038】《試作例2》次に本発明装置において低温域(500~800℃)にある時間を短縮して実際に成長させた単結晶8から製造されたウエハの品質について述べる。本試作例では、熔融層7の液面から冷却板26下端までの距離を290mmとし、流量20リットル/minで液体窒素から発生する冷却窒素ガスを供給し、冷却板26に熱伝導率が1.43J/cm<sup>2</sup>・s・Kである高融点金属のMo(モリブデン)を使用した。これにより低温域にある時間は略2.8hであり、長さは略170mmであった。本発明装置及び従来装置による単結晶8を使用したウエハにおけるBMDの密度を図10に示す。なお従来装置では、低温域にある時間は略5.3hであり、長さは略320mmであった。測定したウエハ数は夫々10枚である。従来装置による単結晶8を使用した場合のBMD密度は(6.9~9.0)×10<sup>9</sup>/cm<sup>2</sup>であったが、本発明装置によれば熱処理した後においてもBMD密度が(1.8~3.9)×10<sup>9</sup>/cm<sup>2</sup>と大幅に削減されている。従って本発明装置を使用すると、BMDの原因となる引き上げ時の酸素析出が抑制されているといえる。

【0039】図11は、これらウエハにおける酸素の析出量を示すグラフである。従来装置にて得た単結晶8を使用した場合は(4.0~6.6)×10<sup>17</sup>/cm<sup>2</sup>であったが、本発明装置にて成長させた単結晶8は、熱処理してウエハとした後においても酸素の析出量が(1.5~2.6)×10<sup>17</sup>/cm<sup>2</sup>と大幅に削減されている。

【0040】このように本発明装置においては冷却装置20の高さを調整することにより、熱履歴を制御する範囲を、例えば中温域、低温域と変えることが可能である。また冷却装置20の高さ、及び冷媒流量、冷媒経路、冷媒温度等による冷却能を調整することにより、所望する酸素析出量を得ることも可能である。さらに本発明装置は、冷却装置20が上下動可能であり、対向する冷却板26の先端間隔も可変であるので、直径及び長さが異なる結晶にも適用することができる。

#### 【0041】

【発明の効果】以上のように本発明に係る結晶引き上げ装置は、結晶に冷却板を接触させて冷却する冷却装置を備え、引き上げ途中の結晶を強制冷却するので、結晶の\*

\*熱履歴を自由に制御することができ、OSF又はBMDの発生を制御して高品質な結晶を製造し、また歩留りの向上も図れる等、本発明は優れた効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る結晶引き上げ装置を示す模式的縦断面図である。

【図2】図1に示す冷却装置の移動機構の模式図である。

【図3】単結晶及び冷却装置を示す上面図である。

10 【図4】単結晶及び冷却装置を示す上面図である。

【図5】冷却板及び冷媒管を示す図である。

【図6】冷却板を示す図である。

【図7】図3のVII-VII線における略示縦断面図である。

【図8】図3のVII-VII線における略示縦断面図である。

【図9】本発明装置及び従来装置にて成長させた単結晶におけるOSFの発生個数を示すグラフである。

20 【図10】本発明装置及び従来装置にて成長させた単結晶を使用したウエハにおけるBMDの密度を示すグラフである。

【図11】本発明装置及び従来装置にて成長させた単結晶を使用したウエハにおける酸素の析出量を示すグラフである。

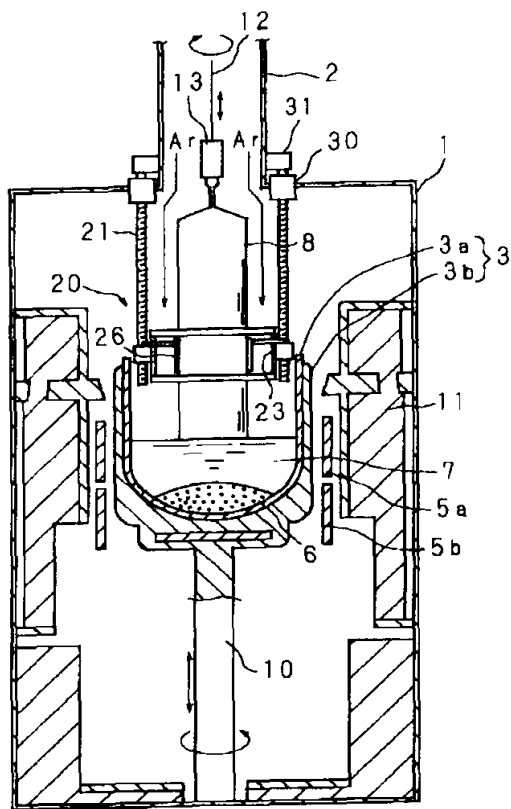
【図12】CZ法に用いられる従来の結晶引き上げ装置を示す模式的断面図である。

【図13】熔融層法に用いられる従来の結晶引き上げ装置を示す模式的断面図である。

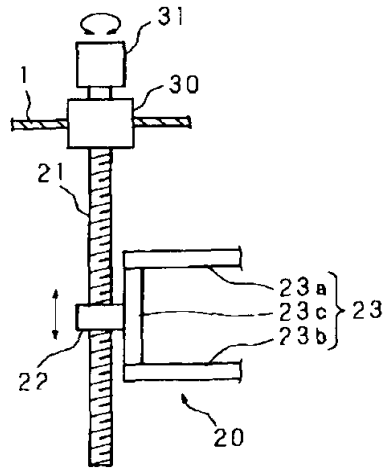
#### 【符号の説明】

- 30 6 固体層
- 7 熔融層(熔融液)
- 8 単結晶
- 12 引き上げ軸
- 13 種結晶
- 20 冷却装置
- 21 螺子棒
- 23 冷却装置容器
- 25 押圧軸
- 26 冷却板
- 40 26a 支持軸
- 27 冷媒管
- 30 螺子棒支持部材
- 31 モータ

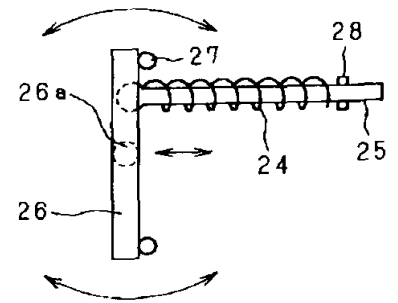
【図1】



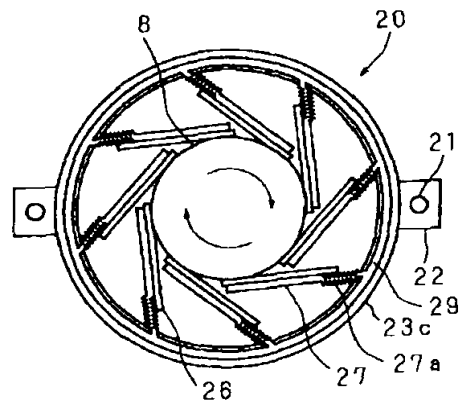
【図2】



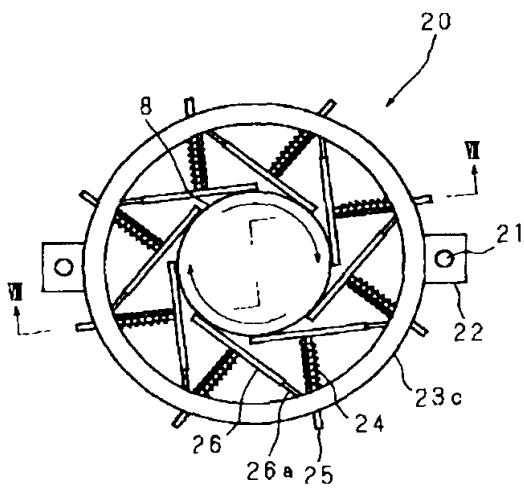
【図6】



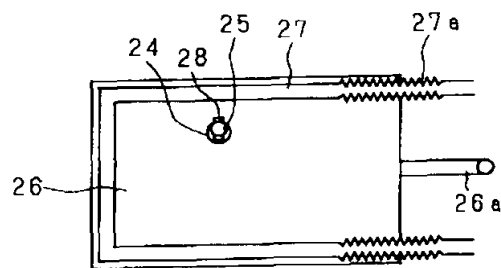
【図4】



【図3】

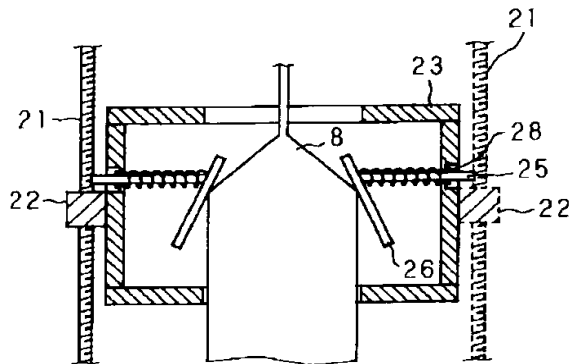


【図5】

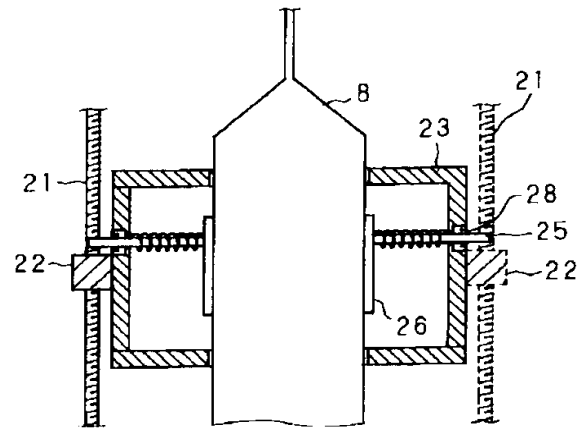




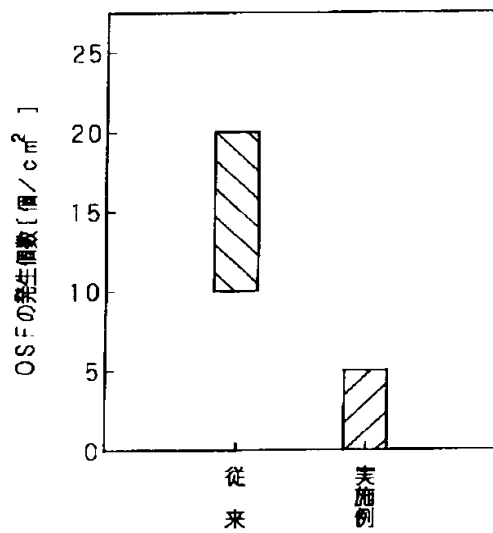
【図7】



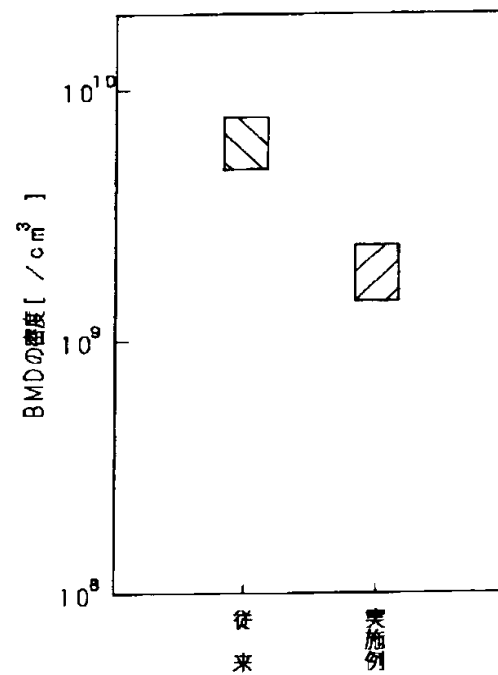
【図8】



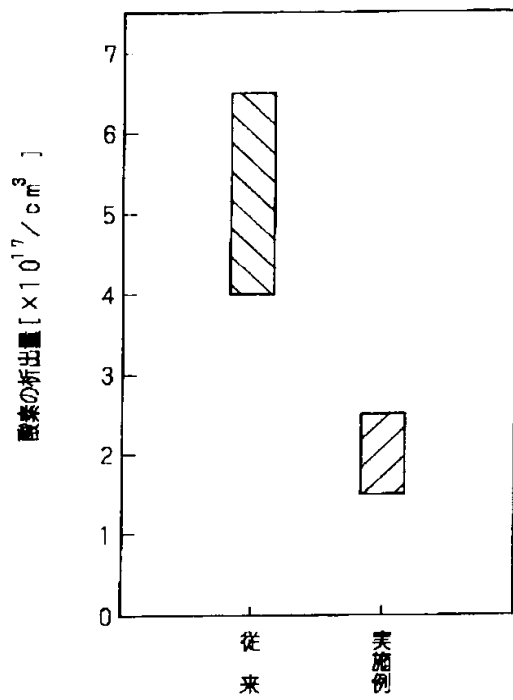
【図9】



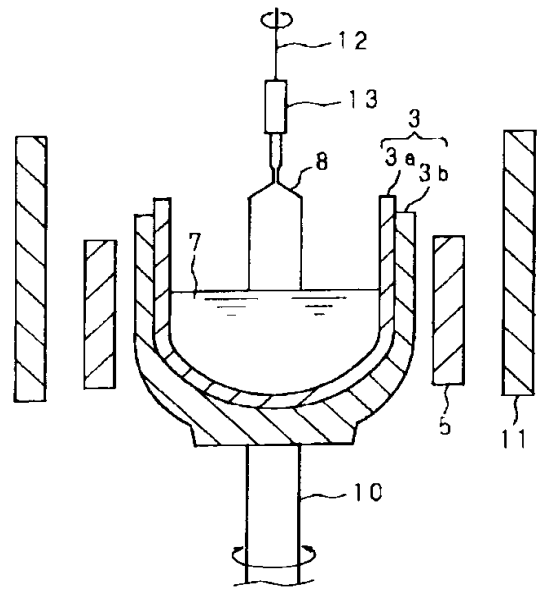
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

